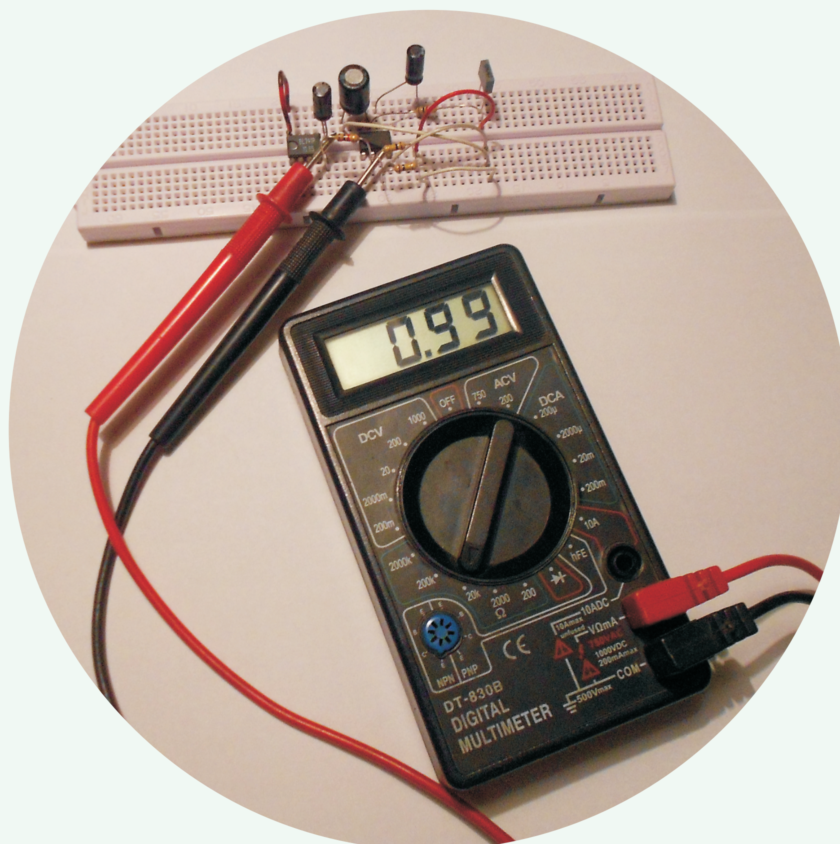
Praktična ELEKTRONIKA 11

FIL.M.2016

Filipović D. Miomir

MULTIMETAR

instrument za merenje napona, struje i otpornosti
i proveru ispravnosti dioda i tranzistora





PREDGOVOR

Multimetar je prvi instrument svakog elektroničara, bez obzira da li je to neki amater (ljubitelj), koji elektroniku voli, ili neki profesionalac, koji od elektronike živi. Svi oni svoja prva električna merenja obavljaju pomoću multimetra. I kasnije, kada im na raspolaganju budu i drugi znatno složeniji instrumenti, oni nastavljaju da koriste multimetar, tako da im on ostaje na dohvat ruke do kraja karijere. U ovoj knjizi će biti opisano kako se multimetar koristi.

SADRŽAJ

Uvod

Pre mnogo godina, u vreme kada digitalna elektronika još nije postojala, multimetar se zvao univerzalni instrument ili AVO-metar, što je bilo lepo ime za instrument kojim je mogla da se meri struja (A), napon (V) i otpornost (Om). To su bili analogni instrumenti čiji je glavni deo bio mikro ampermetar sa kretnim kalemom i kazaljkom. Jedan takav "oldtajmer" je na prvom mestu na slici 1. Ovakvi instrumenti i danas mogu da se kupe ali su ih iz praktične upotrebe skoro u potpunosti potisnuli digitalni multimetri. Njih ima na stotine vrsta i modela, na slici 1 je nekoliko primera.

U ovoj knjizi biće opisana merenja pomoću multimetra DT-830B, koji može da se kupi za nekoliko evra. Mada vrlo jeftin i proizveden u Kini, to je sasvim dobar instrument



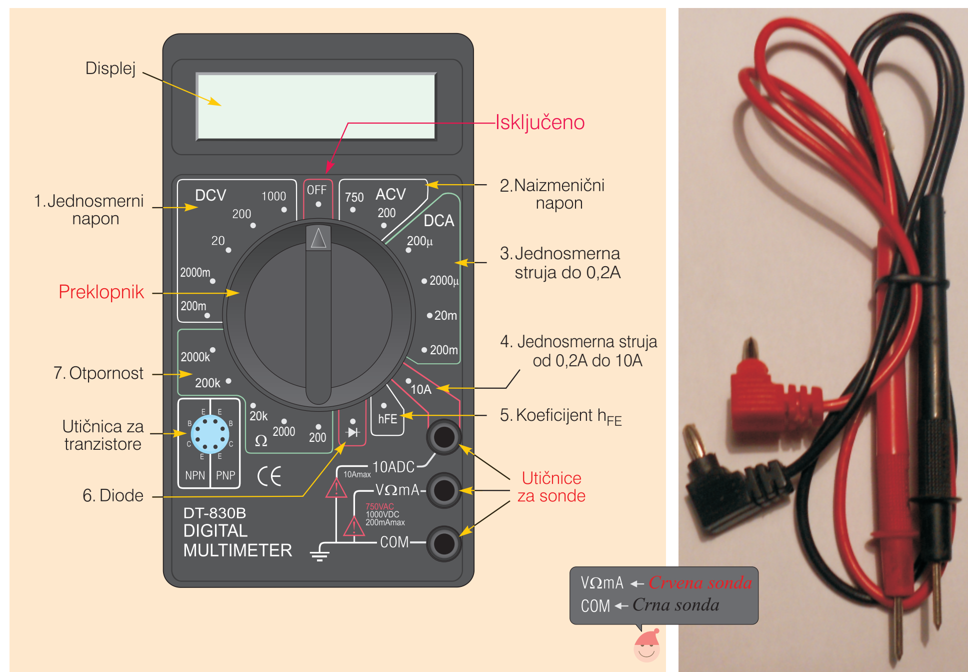
1. Multimetri

koji autor koristi godinama. Naročito je pogodan za početnike, ono što nauče koristeći njega

je najbolji "uvod" u korišćenje složenijih multimetara sa više mogućnosti.

Slika multimetra i fotografija sondi su na slici 2. Rotacionim preklopnikom, koji je na slici u položaju OFF (Isključeno), bira se vrsta merenja:

1. Jednosmerni napon (DCV) do 1000 V
2. Naizmenični napon (ACV) do 750 V (efektivne vrednosti)
3. Jednosmerna struja (DCA) do 200 mA



Slika 2. Multimetar - univerzalni digitalni instrument

4. Jednosmerna struja do 10A
5. Koeficijent strujnog pojačanja tranzistora h_{FE}
6. Ispravnost diode
7. Otpornosti (Ω) do 2 MΩ

Maksimalno dozvoljene vrednosti za napone (750V i 1000V) i struje (200 mA i 10 A) ne smeju da budu prekoračene. Ako se to desi, pozdravite se sa instrumentom.

2000m=2000mV=2V



Pored vrste merenja, preklopnikom se bira i opseg merenja. Najveća tačnost očitavanja se postiže kada se koristi najniži opseg u koji staje merena veličina. To se najlepše vidi na jednom primeru. Recimo da merimo napon nove baterije od 1,5 V. Na raspolaganju su pet opsega merenja: od nule do: 200mV, 2000mV, 20V, 200V i 1000V. Najtačnije merenje je kad se preklopnik stavi u položaj 2000m. Tada na displeju može da se pročita broj 1562. To znači da je napon 1562 mV, odnosno 1,562 V. Ako bi probali sa opsegom 200m (0,2 V), na displeju se pojavljuje nešto što nema smisla. U našem primeru to je [1 .] (uspravna crta, dva razmaka, tačka) ,ali na drugim instrumentima može da bude i nešto drugo. (Ima instrumenata kod kojih slika trepće i sl.) Ako probamo sa opsegom 20V, na displeju se pojavljuje broj 1,56, a sa opsegom 200V pojavljuje se 1,5. Znači, pri merenju napona manjih od 2 V treba koristiti opseg 2000m. Ako je napon između 2 V i 20 V, treba koristiti opseg 20 V itd. Kada se meri na nekom uređaju, najbolje je odabrati najniži opseg u koji staje jednosmerni napon baterije odnosno ispravljača kojim se taj uređaj napaja, pa kasnije, ako je to moguće, preći niži opseg.

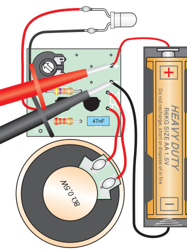
Ova priča važi i za ostala merenja, i za naizmenični napon i za jednosmernu struju i za otpornost: merenje je najtačnije kada na displeju imate četvorocifreni broj, a to se ostvaruje kada se izabere najniži opseg u koji staje merena veličina.

1a. Jednosmerni napon (DCV)



Na slici 3 je prikazano merenje napona baterije od 1,5V, veličine AA, kojom se napaja mali alarmni uređaj iz knjige "Vesela ELEKTRONIKA" (*PE*8). Uređaj je uključen i napon baterije je 1362mV=1,362 V. Kada uređaj ne bi bio uključen, napon (stručno se to zove napon u praznom hodu) bi bio veći, što može da dovede do pogrešnog zaključka da je baterija u boljem stanju nego što stvarno jeste.

Ako sonde zamene mesta (crna gore, crvena dole), napon je -1,362V. Znak minus ukazuje da je donja tačka na nižem potencijalu od gornje.



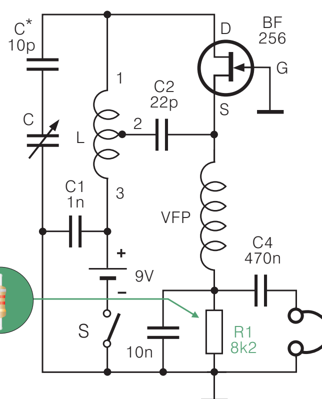
Slika 3. Merenje napona baterije od 1,5 V

1b. Jednosmerni napon (DCV)



Na slici 4 je prikazano merenje jednosmernog napona u FM prijemniku iz *PE*5. Zapazite da je crna sonda spojena sa masom uređaja, kao što je i na multimetru. To je pravilo za sve instrumente i uređaje: masa jednog se obavezno spaja sa masom drugog.

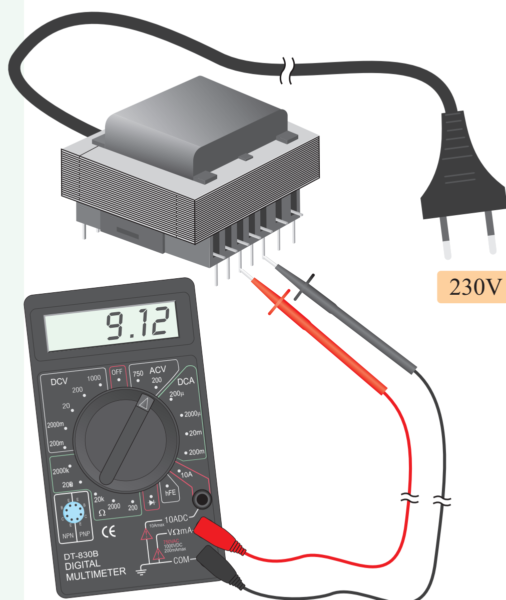
Multimetar pokazuje da je napon na otporniku (između gornjeg i doneg kraja) jed-



Slika 4. Merenje napona na otporniku R1

nak: *U*=2673mV=2,673V. Na osnovu ovoga možemo da izračunamo struju kroz otpornik: *I*=*U*/*R1*=2,673/8200=0,000326A=0,326mA. Tolika je i jednosmerna struja kroz tranzistor BF256, što je vrlo značajan podatak: ako je struja manja od potrebne vrednosti treba smanjiti otpornost *R1* i, obrnuto, ako je veća, otpornost treba povećati.

2 Naizmenični napon (ACV)



Slika 5. Merenje naizmeničnog napona

Ovim multimetrom mogu da se mere naizmenični naponi čije su učestanosti do 400 Hz. Može i na nešto višim učestanostima ali se tada javlja greška, koja je sve veća kako učestanost raste. Ipak, što se tiče učestanosti, ovaj instrument je prvenstveno namenjen merenju napona učestanosti električne mreže, 50 Hz.

Naponi se mere u opsezima od nule do 200 V i do 750 V. Pri merenju napona koji su manji od 200 V, preklopnik se stavi u položaj 200, a pri merenju napona koji su veći od 200 V a manji od 750 V u položaj 750. Na slici 5 je prikazano merenje sekundarnog napona mrežnog transformatora o kome je bilo reči u *PE*3. Napon je, kao što se vidi na displeju, 9,12 V.

*Za vežbu, stavite preklopnik u položaj 750, pa izmerite mrežni napon u nekoj mrežnoj utičnici u vašem stanu. Trebalo bi da dobijete nešto oko 230 V.

Mrežni napon od 230 V je vrlo opasan! Zato pri merenjima na uređajima koji se napajaju iz električne mreže treba biti veoma oprezan. Autorov prijatelj Aca Stojković, bivši profesor ETŠ "Nikola Tesla" u Beogradu, svako svoje predavanje o električnim merenjima počinjao je ovako:

"Pri svakom merenju treba voditi računa o tri stvari:

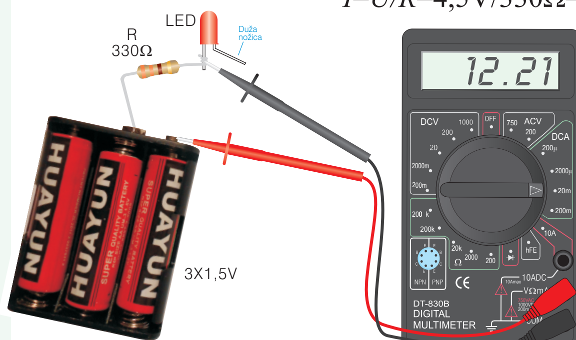
1. da onaj ko meri ostane živ i zdrav,
2. da instrumenti i uređaj na kome se vrše merenja ostanu živi i zdravi, i
3. da merenje bude tačno".

3a. Jednosmerna struja (DCA)

Jednosmerne struje se mere u opsezima od nule do 200 µA, 2000 µA, 20 mA i 200 mA. Slično kao i pri merenju jednosmernih napona, pri merenju struja koje su manje od 200 µA preklopnik se postavi u položaj 200µ, pri merenju struja većih od 200 µA a manjih od 2 mA u položaj 2000µ itd. Pri merenju struja jačine do 200 mA, crna sonda je utaknuta u utičnicu COM, a crvena u utičnicu VΩmA. Pri merenju struja koje su veće od 200 mA a manje od 10 A, preklopnik se prebaci u položaj 10A, a crvena sonda se premesti u utičnicu 10ADC. Crna sonda ostaje u utičnici COM. (Ona je u toj utičnici pri svim merenjima.)

Na slici 6 je prikazan jednostavan primer merenja jednosmerne struje kroz otpornik. Ulazna otpornost instrumenta pri merenju struje je zanemarljivo mala, pa je, prema Omovom zakonu, jačina struje kroz otpornik jednaka:

$$I=U/R=4{,}5\text{V}/330\Omega=0{,}0136\text{A}=13{,}6\text{ mA}.$$



Tako bi bilo kad bi napon baterije bio tačno 4,5 V, a otpornost otpornika tačno 330 Ω. Ali pošto ni jedno ni drugo nije tako, struja će imati neku približnu vrednost. Kada je autor ovo probao, napon baterije (sa priključenim otpornikom) bio je 4,22 V, a otpornost otpornika 329 oma, pa je struja bila *I*=12,21 mA.

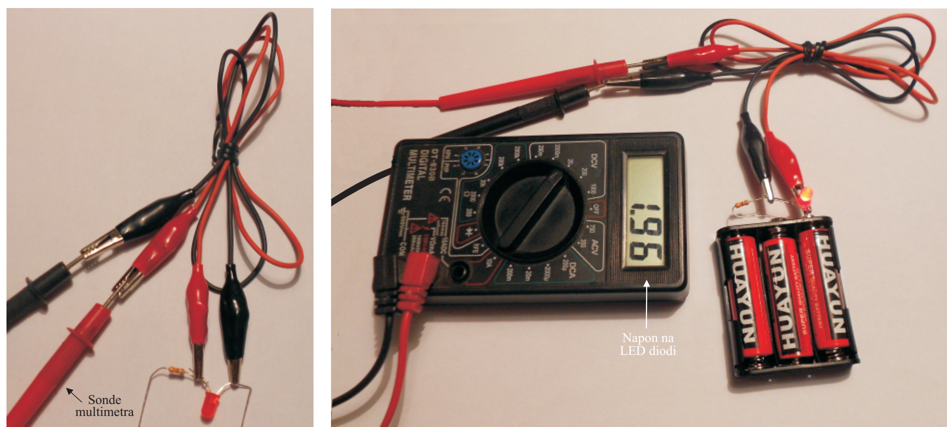
Ako sonde zamene mesta, tako da crvena dodiruje otpornik, a crna plus pol bateri-

Slika 6. Merenje jednosmerne struje

je, na ekranu će se pojaviti −12.21. Znak minus ukazuje da je struja kroz instrument (ne i kroz otpornik) promenila smer.

Za vežbu, dodirnite crnom sondom katodu LED diode i izmerite struju. Trebalo bi da dobijete nešto oko 6,7 mA. Spojite katodu diode sa + polom baterije, pa izmerite napon na diodi. Trebalo bi da dobijete nešto oko 2 V.

Za prethodna i slična merenja, kao i za mnoge druge stvari, korisno je imati kablove sa krokodil štipaljkama kao na slici 7.



Slika 7. levo - kablovi sa krokodil štipaljkama, desno - merenje napona na diodi sa slike 6



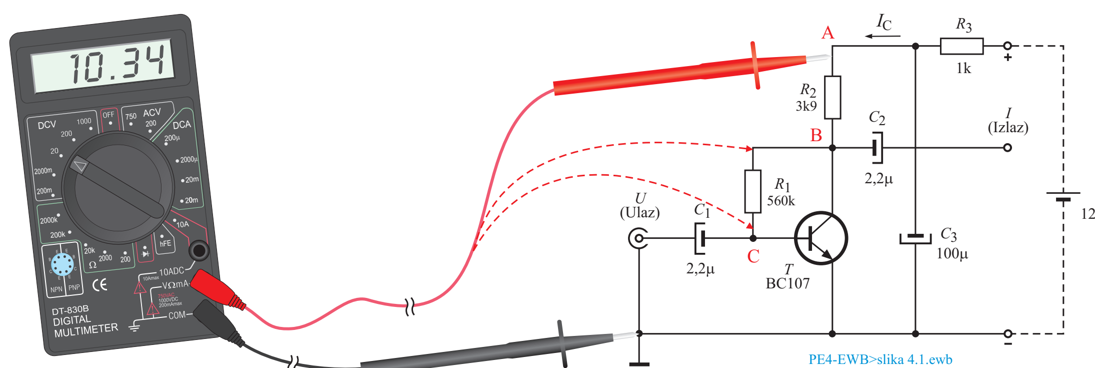
* U instrument je ugrađen osigurač koji pregoreva ako na bilo kom opsegu, osim 10A, struja bude veća od maksimalno dozvoljene. (Na primer, na opsegu 20m osigurač pregoreva ako je struja veća od 20 mA.) Opseg 10A nije zaštićen osiguračem, pa ako je struja veća od 10 A, pregoreva instrument.

* Ako je struja koju merite na opsegu 10A vrlo velika, recimo 6 A, merenje ne sme da traje duže od 10 sekundi, a posle toga ne sme da se ponovi dok ne protekne 15 minuta (dok se ne ohladi ugrađeni otpornik (tzv. šant)).

* Nije preporučljivo merenje struje u kolima u kojima postoji jednosmerni napon veći od 35 V.

3b. Jednosmerna struja

Merenje jednosmerne struje u elektronskim uređajima se izbegava jer je skopčano sa teškoćama, što će biti pokazano na jednom primeru. Na slici 8 je električna šema predpojačavača iz *PE*4 (Audio-pojačavači). Potrebno je izmeriti struju kolektora I_C (to je struja kroz R2) i struju baze I_B (to je struja kroz R1). To znači da jednu nožicu otpornika treba odlemiti i izvući je iz stopice. Između te nožice i stopice se priključuje multimetar i izmeri struja. Kad se obavi merenje, nožica se vraća i ponovo zalemi. To je prilično posla, sa šansom da se nešto i pokvari. Zato se merenje struje obavlja indirektno, preko merenja napona.



Slika 8. Merenje struje preko merenja napon

Crna sonda se poveže sa masom uređaja. To se najbolje ostvaruje pomoću kabla sa krokodil štipaljkama sa slike 7. Crvenom sondom se dodirne gornji kraj R2 i pročita napon u tački A: U_A=10,34V. Zatim se crvenom sondom dodirne donji kraj R2 i pročita napon u tački B: U_B=3,88V. Na isti način izmeri se i napon u tački C: U_C=0,65V. Struje se izračunaju:

$$I_C=(U_A-U_B)R2=(10{,}34-3{,}88)/3900=0{,}00166\text{A}=1{,}66\text{ mA}$$

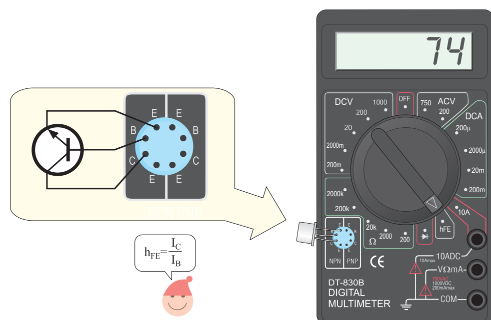
$$I_B=(U_B-U_C)/R1=(3{,}88-0{,}65)/560000=0{,}00000577=5{,}77\ \mu\text{A}$$

4. Provera ispravnosti tranzistora

Provera ispravnosti bipolarnih tranzistora vrši se merenjem njihovog koeficijenta poja-

čanja za jednosmernu struju h_{FE}. Preklopnik se postavi u položaj obeležen sa hFE, kao na slici 9, a nožice tranzistora ubodu u odgovarajuće rupice, vodeći računa o tome da li je tranzistor NPN ili PNP tipa. Podatak o veličini h_{FE} se uzima iz kataloga proizvođača tranzistora. Kod tranzistora malih snaga (BC107, BC547 i sl,) h_{FE} je u granicama od stotinak do nekoliko stotina, dok je kod snažnih tranzistora (2N3055 i sl.) znatno manji, par desetina.

Dakle, kao što je prikazano na slici 9, tranzistor se, vodeći računa da li je NPN ili PNP tipa, utakne u podnožje na instrumentu, a preklopnik na instrumentu postavi u položaj obeležen sa hFE. Ako je tranzistor ispravan, na ekranu instrumenta se pojavljuje neki broj koji predstavlja koeficijent strujnog pojačanja tranzistora. Na primer, ako testirate tranzistor BC140, i na ekranu se pojavi broj 74, to znači da je njegova jednosmerna kolektorska struja 74 puta veća od struje baze, $I_C/I_B=h_{FE}=74$.



Sl. 9. Merenje koeficijenta strujnog pojačanja tranzistora

* U utičnicu mogu da se utaknu žice prečnika do 1 mm, tako da se tranzistori malih i srednjih snaga lako priključuju. Kada se ispituju tranzistori velikih snaga u kućištima TO3 i sličnim, kao i tranzistori čije nožice nisu u obliku žica, na njihove nožice treba zalemiti ili čvrsto namotati krajeve komada žice čiji je prečnik oko 0,8 mm, koje se utaknu u rupice na utičnici.)

* Ovo merenje se obavlja sa strujom baze $I_B=10\mu A$ i naponom $U_{CE}=3$ V, pa dobijena veličina h_{FE} važi samo ako tranzistor u kolu u kome se koristi radi pod sličnim uslovima. Pri znatno drugim vrednostima I_B i U_{CE}, h_{FE} ima drugu vrednost. Ipak, izmerena vrednost je dobar i koristan podatak.

5. Provera ispravnosti diode

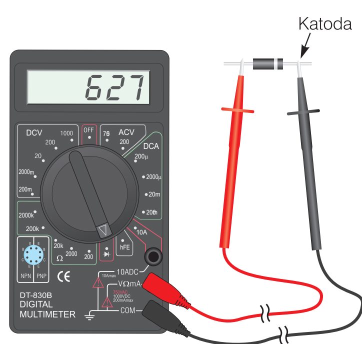
Provera ispravnosti diode se svodi na merenje njenog praga provodnosti: ako ga ima - dioda je ispravna, ako ga nema - nije. Preklopnik se, prema slici 10, stavi u položaj u kome je nacrtan simbol diode, a vrhovima sondi se dodirnu nožice diode.

Kada je, kao na slici, anoda diode spojena sa crvenom sondom, a katoda sa crnom, na displeju se pojavljuje broj koji predstavlja napon praga provođenja diode, izražen u milivoltima. Kod germanijumskih dioda ovaj napon je par stotina milivolta (recimo 300 mV), a kod silicijumskih više stotina milivolti (recimo 600 mV).

Kada sonde zamene mesta, crvena na katodu, crna na anodu, na levom delu displeja se pojavljuje uspravna crta (jedinica).

Ako su pokazivanja na displeju kao što je opisano - dioda je ispravna. Ako nisu - nije.

Sa LED diodama je mnogo jednostavnije. Sa sondama u jednom položaju - dioda svetli, sa zamenjenim mestima sondi - ne svetli.



Sl. 10. Merenje praga provođenja diode

Multimetar DT-830D, poslednji na slici 1, ima i ispitivač provodnosti (Continuity Tester). Kad se vrhovima sondi dodirnu dve tačke koje su u električnom spoju, a otpornost za jednosmernu struju između njih je manja od približno 70 Ω, iz instrumenta se čuje pištanje. To omogućuje proveru ispravnosti sekundarnih namotaja mrežnih transformatora, pronalaženje odgovarajućih nožica na višepolnim prekidačima, proveru ispravnosti kalemova, kablova, prekidača i sl.

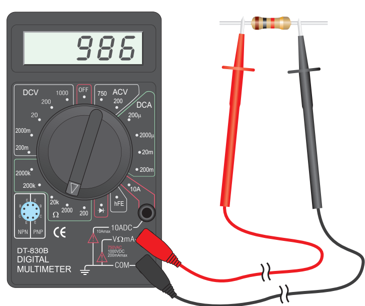
Izrada jednog vrlo lepog i korisnog ispitivača provodnosti, sa više primera upotrebe, opisanja je u PE7 (Eektronika za početnike) i u PE8 (Vesela elektronika).



Ako se dioda koju proveravate nalazi u nekom elektronskom uređaju, obavezno isključite napajanje i sačekajte neko vreme da se svi kondenzatori isprazne. Ako u kolu postoje elektrolitski kondenzatori vrlo velike kapacitivnosti, koji bi se dugo praznili, ispraznite ih pomoću otpornika od nekoliko stotina oma.

6. Otpornost

Otpornosti se mere u opsezima od nule do 200Ω, 2000Ω, 20kΩ, 200kΩ i 2000kΩ. Merenje se obavlja tako što se preklopnik prebaci u neki od opsega, a izvodi otpornika dodirnu vrhovima sondi (slika 11). I sada, kao i pri merenju napona, postoji najpovoljniji opseg. Za otpornike čija je otpornost manja od 200 Ω to je opseg 200, za otpornike čija je otpornost između 200 Ω i 2 kΩ to je opseg 2000, za otpornike čija je otpornost veća od 2kΩ a manja od 20kΩ to je opseg 20k itd. Ako se koristi opseg koji je manji od veličine otpornosti, na



Slika 11. Merenje otpornosti otpornika

displeju se pojavljuje jedinica, dva razmaka i tačka, a ako se koristi veći opseg dobija se broj sa manje decimala. (Ako je opseg mnogo veći dobija se 0,00).

Opisano merenje otpornosti se odnose na otpornike koji nisu ugrađeni u neki uređaj. Kada se meri otpornost ugrađenih otpornika , treba imati na umu dve stvari.

1. Ako merite pri uključenom napajanju, postoji opasnost da instrument bude uništen.

2. Paralelno otporniku čiju otpornost merite vezane su i ostale komponente kola, tako da je izmerena veličina otpornosti manja od stvarne.



Ako se otpornik čiju otpornost merite nalazi u nekom elektronskom uređaju, obavezno isključite napajanje i sačekajte neko vreme da se svi kondenzatori isprazne. Ako u kolu postoje elektrolitski kondenzatori vrlo velike kapacitivnosti, koji bi se dugo praznili, ispraznite ih pomoću otpornika od nekoliko stotina oma.

* Pri merenju otpornosti otpornika obično se jedna nožica otpornika i vrh sonde stegnu jedna uz drugu palcem i kažiprstom jedne ruke, a druga nožica i drugi vrh palcem i kažiprstom druge ruke. To nema uticaja na tačnost merenja ako je otpornost otpornika manja od oko nekoliko desetina kilooma. Ali pri većim otpornostima javlja se greška, jer instrument pokazuje otpornost paralelno vezanih otpornosti otpornika i otpornosti ljudskog tela između jednog i drugog para prstiju. Zato pri merenju većih otpornosti, palcem i kažiprstom leve ruke držite spojene jednu nožicu otpornika i vrh sonde, a vrh druge sonde, drugom rukom, naslonite na drugi kraj otpornika.

Uverite se da je ovo što ste upravo pročitali tačno, izmerite otpornost vašeg tela. Stavite preklopnik na najveći opseg pri merenju otpornosti. Na slici 11 to je 2000k (2MΩ). Stisnite prstima vrhove sondi i na displeju će se pojaviti veličina otpornosti. Ako na njemu piše 0,53, otpornost je 0,53 MΩ, odnosno 530 kΩ. Ako sa ovom vrednošću otpornosti tela merite otpornost otpornika čija je otpornost 810 kΩ, i pri tome oba kraja otpornika i sondi držite prstima, instrument će da pokaže otpornost od 320 kΩ.

Igrajte se malo, to je nauka. Izmerite otpornost između leve i desne noge, između ruku ili nogu nekog od ukućana kad je budan i dok spava, otpornost zemlje u saksiji sa cvećem kad je zaliveno i kad nije zaliveno, između dva dela neke biljke noću i danju itd. itd. Ko zna, možda iz ovih merenja zaključite nešto značajno. Pošto ste izmerili vašu otpornost, ovlažite malo vrhove prstiju pa ponovo stisnite vrhove sondi, otpornost je manja, jer se smanjila otpornost kontakta. Ovo smanjenje otpornosti omogućuje da od instrumenta naparavite detektor laži. Potrebna su vam dva komada neke metalne cevi prečnika par centimetara i dužine desetak centimetara, koje ćete sa dva komada žice da spojite sa vrhovima sondi. Osumnjičeni čvrsto drži te dve cevi, a instrument pokazuje neku otpornost. Kad osumnjičeni, dok odgovara na nezgodna pitanja, počne da "vrda", njegove ruke počinju da se znoje više nego obično, otpronost se smanjuje i instrument to pokazuje.

Pogledajte "Detektor laži" u "Veseloj ELEKTRONICI". Mnogo je bolji od ovoga sa multimetrom.





Multimetar se napaja energijom iz ugrađene baterije od 9V.
Kada završite sa merenjima, ne zaboravite da preklopnik vratite u položaj OFF.

Pogledajte VIDEO klipove
u vezi sa ovom knjigom.



11. *P*E11 - Multimetar
https://youtu.be/6-HV8ViTO5k

22. *Praktična* ELEKTRONIKA 2012
PE 22a - Nije sve u nauci, ima nešto i ...
https://youtu.be/ErUST5s4GNU